

Міністерство освіти і науки України
Міжнародний гуманітарний університет
Кафедра комп'ютерних наук

Розенвассер Д.М., Русу О.П.

ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів, які
навчаються за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за
спеціальністю

172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Затверджено Вченою Радою Міжнародного гуманітарного університету (протокол № 6 від 3 березня 2025 р.).

Розенвассер Д.М., Русу О.П. Цифрова обробка сигналів: навчально-методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», денної та заочної форми навчання [Електронне видання]. / Розенвассер Д.М., Соловська І.М. Кафедри комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2025. – 16 с.

Методичні рекомендації для курсу «Цифрова обробка сигналів» призначені для самостійної роботи здобувачів, що навчаються за першим (бакалаврським) рівнем за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка». Методичні рекомендації розроблені відповідно навчального плану. До складу методичних рекомендацій входять навчальна програма, теми практичних занять та самостійної роботи здобувачів. Матеріали призначено для здобувачів вищої освіти факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету.

Навчальна дисципліна «Цифрова обробка сигналів» знайомить здобувачів із принципами дискретизації та квантування аналогових сигналів, спектрального аналізу за допомогою перетворень Фур'є, вейвлетів та Гільберта, методами цифрової фільтрації (лінійної та нелінійної), кореляційного аналізу, модуляції/демодуляції сигналів, обробки кольорових зображень, алгоритмами передискретизації, а також практичними аспектами реалізації алгоритмів ЦОС у середовищах GNU Octave/Python/OpenCV для задач зв'язку, мультимедіа, комп'ютерного зору та вбудованих систем.

ЗМІСТ

1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ	4
2 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ.....	6
3 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ	6
4 ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	8
5 САМОСТІЙНА РОБОТА	9
6 ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ	11
7 ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ЗДОБУВАЧІВ.....	12
8 ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ	13
9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	14

1. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Вивчення дисципліни дозволяє сформувати у здобувачів компетенції, необхідні для розв'язання практичних задач професійної діяльності, пов'язаної з розробкою, вдосконаленням та експлуатацією засобів цифрової обробки сигналів, зображень, аудіо та відео.

Дисципліна є фундаментальною для подальшого вивчення та роботи в галузях: цифровий зв'язок (мобільний, Wi-Fi, 5G), обробка аудіо/відео (кодеки MP3/AAC/H.264/HEVC), комп'ютерний зір, медична діагностика (ЕКГ, УЗД, МРТ), радарні та сонаРНі системи, кібербезпека (аналіз акустичних/відеосигналів), IoT та сенсорні мережі.

Після опанування дисципліни здобувач здатний самостійно розробляти алгоритми обробки сигналів/зображень, оцінювати їх ефективність, оптимізувати за швидкістю/споживанням ресурсів та інтегрувати в апаратно-програмні комплекси (DSP-процесори, FPGA, вбудовані системи).

Мета викладання дисципліни – підготовка висококваліфікованих фахівців, які володіють методами побудови та експлуатації засобів цифрової обробки сигналів, вміють на основі отриманих теоретичних результатів виконувати як моделювання, так і розробку таких засобів. Предметом дисципліни є теорія та практика застосування засобів цифрової обробки сигналів.

Передумови для вивчення дисципліни є знання і вміння, отримані здобувачем при вивченні навчальних дисциплін бакалаврської підготовки. Теоретичною базою дисципліни «Цифрова обробка сигналів» є такі дисципліни як “Дискретна математика”, “Вступ до фаху”, “Вища математика”, “Теорія ймовірності, імовірісні процеси та математична статистика”. Принципи і методи дисципліни «Цифрова обробка сигналів» є теоретичною основою комп'ютерних технологій і розвиваються у наступних дисциплінах професійної підготовки.

У рамках опанування дисципліни «Цифрова обробка сигналів» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою (за попереднім узгодженням з викладачем).

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5 Загальна кількість годин – 150	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації	обов'язкова	
	172 Електронні комунікації та радіотехніка	Рік підготовки:	
		2-й	
		Семестр	
		4-й	4-й
Мова навчання – українська	Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень	Лекції	
		26 год.	10 год.
		Практичні, семінарські	
		40 год.	10 год.
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота та індивідуальні завдання	
		84 год.	130 год.
		Вид контролю:	
		екзамен	екзамен

У результаті вивчення цієї навчальної дисципліни здобувач має набути такі компетентності.

Знати:

- теоретичні основи цифрової обробки сигналів (ЦОС);
- математичні методи та алгоритми ЦОС;
- моделі та методи аналізу сигналів;
- методи оптимізації алгоритмів ЦОС;
- сучасні тенденції розвитку ЦОС.

Вміти:

- використовувати математичні методи та алгоритми ЦОС для вирішення прикладних задач;
- аналізувати та інтерпретувати результати обробки сигналів;
- оцінювати ефективність алгоритмів ЦОС;
- використовувати ЦОС для вирішення задач в різних галузях науки та техніки.

2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				Заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лекц.	прак	сам. роб.		лекц.	прак	сам. роб.
Тема 1. Класифікація та основи цифрового представлення сигналів.	30	6	10	0	14	30	2	2
Тема 2. Інтегральні перетворення сигналів.	40	6	10	0	24	40	2	2
Тема 3. Модуляція сигналів.	40	6	10	0	24	40	2	2
Тема 4. Цифрова фільтрація та обробка сигналів, зображень, аудіо, відео.	40	8	10	0	22	40	4	4
Всього	150	26	40	0	84	150	10	10
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ - ЕКЗАМЕН								

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Лекція 1. Вступ до цифрової обробки сигналів та зображень.

Вступна частина. Поняття сигналу та зображення. Поняття цифрової обробки сигналу. Растрове і векторне представлення зображень. Типові задачі цифрової обробки сигналів.

Лекція 2. Форми подання та класифікація сигналів.

Випадкові та детерміновані сигнали. Аналогові та цифрові сигнали. Квантування та дискретизація аналогового сигналу. Одновимірні та багатовимірні сигнали. Загальна класифікація сигналів.

Лекція 3. Математичне представлення сигналів та зображень.

Моделі тестових сигналів. Основні характеристики, математичний опис та властивості тестових сигналів. Функція Хевісайда та її застосування при обробці сигналів. Функція Дірака та її властивості.

Лекція 4. Узагальнені схеми цифрових систем.

Структурні схеми типових модулів аналогово-цифрового та цифро-аналогового перетворювачів, їх основні компоненти та принцип роботи. Будова, призначення та принцип роботи мультиплексора.

Лекція 5. Аналого-цифрове перетворення сигналів.

Основа принципу часової дискретизації сигналу. Критерії якості наближення сигналу. Види часової дискретизації сигналу. Поняття стиснення даних. Вибір кроку рівномірної часової дискретизації. Теорема Котельникова. Основні характеристики аналогово-цифрових перетворювачів.

Лекція 6. Цифро-аналогове перетворення сигналів.

Відновлення неперервних сигналів. Екстраполяція даних. Поняття та види екстраполяторів. Імпульсна характеристика і передавальна функція екстраполятора. Аналогова модель екстраполятора. Похибки відновлення аналогової форми сигналу.

Лекція 7. Підходи до спектрального аналізу сигналів методом Фур'є.

Розклад функції в ряд Фур'є. Поняття та визначення дійсних коефіцієнтів Фур'є. Теорема Найквіста. Особливості розкладу функції в комплексний ряд Фур'є. Поняття та визначення комплексних коефіцієнтів Фур'є. Визначення спектру амплітуд, спектру фаз та спектру потужності сигналу. Теорема Парсеваля. Основні властивості розкладання сигналу в ряд Фур'є.

Лекція 8. Використання дискретного та швидкого перетворення Фур'є для спектрального аналізу сигналів.

Технологія застосування методу Фур'є для аналізу цифрових сигналів. Поняття про дискретне перетворення Фур'є. Основні властивості дискретного перетворення Фур'є. Періодичність та симетричність спектру. Необхідність застосування та суть алгоритму швидкого перетворення

Фур'є. Фільтрація сигналів за допомогою дискретного перетворення Фур'є.

Лекція 9. Застосування вейвлет-перетворень для обробки сигналів.

Недоліки спектрального аналізу цифрових сигналів методом Фур'є. Поняття прямого та оберненого вейвлет-перетворення. Основні ознаки вейвлету. Приклади материнських вейвлетів. Неперервне вейвлет-перетворення. Властивості вейвлет-аналізу.

Лекція 10. z-перетворення у цифровій обробці сигналів.

Математичний опис та властивості z-перетворення. Приклади використання. Швидкі алгоритми обчислення. Різницеве рівняння.

Лекція 11. Види та методи модуляції сигналів.

Поняття та призначення модуляції сигналів. Види модуляції та їх реалізація. Модуляція аналогових сигналів. Однотональна та багатотональна амплітудна модуляція. Цифрова модуляція сигналів.

Лекція 12. Демодуляція сигналів.

Методи демодуляції амплітудно-модульованого сигналу. Коефіцієнт корисної дії різних методів демодуляції. Демодуляція одновимірної та двовимірної модуляції.

Лекція 13. Лінійна цифрова фільтрація.

Поняття лінійної простово-інваріантної системи. Глобальна та локальна лінійна фільтрація. Згладжуючі фільтри. Фільтри піксельних границь. Диференціальні оператори визначення границь на зображенні.

Лекція 14. Нелінійна цифрова фільтрація.

Методи рішення задачі нелінійної фільтрації. Медіанна фільтрація. Фільтри “максимум” та “мінімум”. Оператори математичної морфології. Області застосування нелінійних фільтрів.

Лекція 15. Основи кореляційного аналізу сигналів та зображень.

Вимірювання степені подібності функцій. Поняття коефіцієнту кореляції. Поняття, визначення та властивості функції взаємної кореляції. Використання функції взаємної кореляції для розрахунку часової затримки сигналів.

Лекція 16. Автокореляційна функція та згортка.

Поняття, визначення та властивості функції автокореляції. Теорема Вінера - Хінчина. Поняття спектральної щільності потужності сигналу. Теорема згортки. Властивості операції згортки. Дискретна згортка.

Лекція 17. Цифрова обробка кольорових зображень.

Колірні моделі зображень. Псевдокольори. Основи обробки кольорових зображень. Колірні перетворення. Згладжування і підвищення різкості. Стиснення кольорових зображень.

Лекція 18. Цифрова обробка аудіо та відео.

Сучасні алгоритми цифрової обробки аудіо та відео.

4. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Класифікація та основи цифрового представлення сигналів. - Згенеруйте та візуалізуйте детермінований сигнал (синусоїда, прямокутний імпульс, трикутний, функцію Хевісайда та δ-функцію Дірака) у GNU Octave/Python. - Виконайте часову дискретизацію аналогового сигналу $\sin(2\pi \cdot 1000 \cdot t)$ з різними частотами дискретизації (вище, нижче та рівно теоремі Котельникова). Побудуйте графіки та поясніть аліасинг. - Моделюйте квантування сигналу з різною кількістю рівнів (4, 8, 16 біт). Обчисліть та порівняйте шум квантування (SNR). - Побудуйте структурну схему АЦП та ЦАП, змодельуйте процес дискретизації + квантування + відновлення з ідеальним та реальним екстраполятором (нульового порядку). - Порівняйте растрове та векторне представлення зображення: завантажте зображення, перетворіть у градації сірого та бінарне. - Обчисліть основні характеристики сигналу (середнє, дисперсію, потужність) для заданого тестового сигналу. - Дослідіть вплив кроку дискретизації на відновлення сигналу за допомогою sinc-інтерполяції.	10	2
2	Тема 2. Інтегральні перетворення сигналів. - Обчисліть ДПФ та ШПФ для послідовності з 1024 точок (синусоїда + шум). Побудуйте амплітудний та фазовий спектр. - Порівняйте спектри періодичного та аперіодичного сигналу за допомогою ДПФ (вплив вікна). Застосуйте різні вікна (Хеммінга, Ханна). - Виконайте фільтрацію сигналу в частотній області за допомогою ДПФ: видаліть високочастотні/низькочастотні компоненти. - Реалізуйте неперервне та дискретне вейвлет-перетворення для сигналу з локальними особливостями (стрибок + шум). Побудуйте вейвлет-коефіцієнти. - Обчисліть дискретне перетворення Гільберта для формування аналітичного сигналу. Визначте миттєву амплітуду, фазу та частоту. - Порівняйте спектральний аналіз за Фур'є та вейвлет для нестационарного сигналу. - Застосуйте ШПФ для швидкого обчислення згортки двох послідовностей.	10	2
3	Тема 3. Модуляція сигналів. - Реалізуйте цифрову модуляцію: ASK, FSK, PSK, QPSK. Згенеруйте модульований сигнал та демодулюйте його когерентним методом. - Дослідіть демодуляцію АМ-сигналу за допомогою однонапівперіодного детектора та синхронного детектора. Порівняйте спотворення. - Змодельуйте багатотональну АМ-модуляцію та проаналізуйте спектр (бічні смуги). - Обчисліть коефіцієнт модуляції та ККД для різних видів модуляції. - Порівняйте завадостійкість BPSK та QPSK у присутності адитивного	10	2

	білого гауссового шуму (АБГШ).		
4	Тема 4. Цифрова фільтрація та обробка сигналів, зображень, аудіо, відео. 1. Реалізуйте FIR-фільтр (згладжуючий, диференціальний) за допомогою conv або filter. Порівняйте з IIR-фільтром (наприклад, Баттерворта). 2. Застосуйте медіанний фільтр та фільтр математичної морфології для видалення імпульсного шуму на зображенні. 3. Обчисліть автокореляційну та взаємно-кореляційну функцію сигналів. Визначте затримку між двома сигналами. 4. Виконайте обробку кольорового зображення: перетворення RGB → HSV, згладжування, підвищення різкості, псевдокольори. 5. Реалізуйте децимацію та інтерполяцію сигналу з анти-аліасинг фільтром (low-pass перед децимацією). 6. Порівняйте лінійну (середнє) та нелінійну (медіанна) фільтрацію для зображення з гауссовим та сіллю-перцем шумом.	10	4
	Всього	40	10

5. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи здобувачів щодо вивчення дисципліни «Теорія інформації та кодування» включаються:

1. Знайомство з науковою та навчальною літературою відповідно зазначених у програмі тем.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.
3. Підготовка до практичних занять.
4. Консультації з викладачем протягом семестру.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка до підсумкового контролю.

Тематика та питання до самостійної підготовки та індивідуальних завдань

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Класифікація та основи цифрового представлення сигналів. Вступ до цифрової обробки сигналів та зображень. Узагальнені схеми цифрових систем. Аналого-цифрове перетворення сигналів. Цифро-аналогове перетворення сигналів. 1. Поясніть теорему Котельникова-Найквіста: чому частота дискретизації повинна бути щонайменше вдвічі більшою за максимальну частоту сигналу? 2. Опишіть процеси дискретизації та квантування, види похибок (аліасинг, шум квантування). 3. Наведіть класифікацію сигналів (детерміновані/випадкові, аналогові/цифрові, одновимірні/багатовимірні). 4. Поясніть принцип роботи екстраполятора нульового порядку та його похибки відновлення. 5. Які основні характеристики АЦП? 6. Опишіть моделі тестових сигналів (одиничний стрибок, імпульс Дірака, прямокутний імпульс) та їх застосування в ЦОС.	14	26

2	Тема 2. Інтегральні перетворення сигналів. Підходи до спектрального аналізу сигналів методом Фур'є. Використання дискретного та швидкого перетворення Фур'є для спектрального аналізу сигналів. Застосування вейвлет-перетворень для обробки сигналів. Перетворення Гільберта у цифровій обробці сигналів. 1. Сформулюйте властивості ДПФ (лінійність, періодичність, симетрія, зсув у часі/частоті). 2. Поясніть теорему Парсеваля для дискретних сигналів та її значення. 3. У чому переваги вейвлет-перетворення над Фур'є для нестационарних сигналів? Наведіть приклади материнських вейвлетів. 4. Опишіть застосування перетворення Гільберта для формування аналітичного сигналу та огинаючої. 5. Як реалізується швидке перетворення Фур'є? 6. Поясніть сутність смугової дискретизації з використанням перетворення Гільберта.	24	36
3	Тема 3. Модуляція сигналів. Види та методи модуляції сигналів. Демодуляція сигналів. 1. Порівняйте аналогову та цифрову модуляцію: переваги та недоліки. 2. Опишіть принципи демодуляції АМ-сигналу (асинхронна та синхронна). 3. Наведіть спектри АМ, FM, PM сигналів та поясніть ширину смуги. 4. Які види цифрової модуляції використовуються в сучасних системах зв'язку? 5. Поясніть поняття коефіцієнта модуляції та його вплив на спотворення.	24	36
4	Тема 4. Цифрова фільтрація та обробка сигналів, зображень, аудіо, відео. Лінійна та нелінійна цифрова фільтрація. Кореляційний аналіз сигналів. Цифрова обробка кольорових зображень та відео. Алгоритми передискретизації сигналів. 1. Поясніть теорему згортки та теорему Вінера-Хінчина. 2. У чому відмінність FIR та IIR фільтрів (стабільність, фаза, імпульсна характеристика)? 3. Опишіть області застосування нелінійних фільтрів (медіанний, морфологічні операції). 4. Наведіть колірні моделі (RGB, CMYK, HSV, YCbCr) та перетворення між ними. 5. Поясніть процес децимації та інтерполяції з анти-аліасинг фільтрами. 6. Як функція взаємної кореляції використовується для виявлення сигналу в шумі або визначення затримки?	22	32
	Всього	84	130

6. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає наступні види та методи контролю:

Види контролю	Складові оцінювання
Поточний контроль, який здійснюється у ході: проведення практичних занять, виконання індивідуального завдання; проведення консультацій та відпрацювань.	50%
Підсумковий контроль, який здійснюється у ході проведення екзамену.	50%

Методи діагностики знань (контролю)	Фронтальне опитування, індивідуальні завдання, робота у групах, розв'язання практичних завдань, екзамен
-------------------------------------	---

Питання до екзамену

1. Поняття сигналу та зображення. Поняття цифрової обробки сигналу.
2. Растрове і векторне представлення зображень.
3. Випадкові та детерміновані сигнали. Аналогові та цифрові сигнали.
4. Квантування та дискретизація аналогового сигналу. Одновимірні та багатовимірні сигнали. Загальна класифікація сигналів.
5. Моделі тестових сигналів. Основні характеристики, математичний опис та властивості тестових сигналів.
6. Функція Хевісайда та її застосування при обробці сигналів. Функція Дірака та її властивості.
7. Структурні схеми типових модулів аналогово-цифрового та цифро-аналогового перетворювачів, їх основні компоненти та принцип роботи.
8. Основа принципу часової дискретизації сигналу. Критерії якості наближення сигналу. Види часової дискретизації сигналу.
9. Поняття стиснення даних. Вибір кроку рівномірної часової дискретизації. Теорема Котельникова. Основні характеристики аналогового-цифрових перетворювачів.
10. Відновлення неперервних сигналів. Екстраполяція даних. Поняття та види екстраполяторів.
11. Імпульсна характеристика і передавальна функція екстраполятора. Аналогова модель екстраполятора.
12. Розклад функції в ряд Фур'є. Поняття та визначення дійсних коефіцієнтів Фур'є. Теорема Найквіста. Особливості розкладу функції в комплексний ряд Фур'є. Поняття та визначення комплексних коефіцієнтів Фур'є.
13. Визначення спектру амплітуд, спектру фаз та спектру потужності сигналу.
14. Теорема Парсеваля. Основні властивості розкладання сигналу в ряд Фур'є.
15. Технологія застосування методу Фур'є для аналізу цифрових сигналів.
16. Поняття про дискретне перетворення Фур'є. Основні властивості дискретного перетворення Фур'є. Періодичність та симетричність спектру.
17. Фільтрація сигналів за допомогою дискретного перетворення Фур'є.
18. Недоліки спектрального аналізу цифрових сигналів методом Фур'є. Поняття прямого та оберненого вейвлет-перетворення. Основні ознаки вейвлету. Приклади материнських вейвлетів.
19. Неперервне вейвлет-перетворення. Властивості вейвлет-аналізу.
20. Математичний опис та властивості дискретного перетворення Гільберта. Приклади використання.
21. Швидкі алгоритми обчислення. Перетворювач Гільберта для формування комплексного аналітичного сигналу. Смугова дискретизація сигналів.
22. Поняття та призначення модуляції сигналів. Види модуляції та їх реалізація.
23. Модуляція аналогових сигналів. Однотональна та багатотональна амплітудна модуляція.
24. Цифрова модуляція сигналів.
25. Методи демодуляції амплітудно-модульованого сигналу. Коефіцієнт корисної дії різних методів демодуляції. Амплітудний детектор з синхронною демодуляцією.
26. Поняття лінійної простово-інваріантної системи. Глобальна та локальна лінійна фільтрація.
27. Згладжуючі фільтри. Фільтри піксельних границь. Диференціальні оператори визначення границь на зображенні.
28. Вимірювання степені подібності функцій. Поняття коефіцієнту кореляції. Поняття, визначення та властивості функції взаємної кореляції.
29. Поняття, визначення та властивості функції автокореляції. Теорема Вінера - Хінчина. Поняття спектральної щільності потужності сигналу.
30. Теорема згортки. Властивості операції згортки. Дискретна згортка.
31. Колірні моделі зображень. Псевдокольори. Основи обробки кольорових зображень. Колірні

перетворення. Згладжування і підвищення різкості. Стиснення кольорових зображень.

32. Поняття децимації та інтерполяції сигналів і зображень. Децимація з цілим кроком. Вплив передискретизації на якість цифрового сигналу.

7. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ З ПІДСУМКОВИМ КОНТРОЛЕМ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

Денна форма навчання/Заочна форма навчання			
Поточний контроль			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на семінарських (практичних) заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	30
Виконання індивідуальних завдань (науково-дослідна робота здобувача)			
1.2. Підготовка звіту щодо індивідуального завдання	Відповідно до розкладу занять	Обговорення (захист)	10
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	-//-	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять або ІКР, наукових конференцій та круглих столів.	10
Разом балів за поточний контроль			50
Підсумковий контроль екзамен			50
Загальний результат оцінювання			100

Поточний контроль знань здобувачів при підсумковому контролі у формі екзамену (максимум 50 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

– за підготовку до аудиторних занять (максимум 30 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переведення балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 6;

– за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату за заданою тематикою) (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переведення зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2;

– за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 10 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переведення балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 2.

Критерії оцінювання поточного контролю

– «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;

– «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень

навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;

– «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.

– «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

Критерії оцінювання підсумкового контролю у формі екзамену

Максимальна оцінка підсумкового контролю у формі екзамену не може перевищувати 50 балів. При цьому рівень знань оцінюється:

– **від 40 до 50 балів** – здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки;

– **від 30 до 40 балів** – здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді;

– **від 20 до 30 балів** – здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

– **від 10 до 20 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих;

– **від 0 до 10 балів** – здобувач володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки.

8. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– **«Відмінно»/«зараховано» (А)** – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (В)** – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (С)** – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

– **«Незадовільно з можливістю повторного складання»/«не зараховано» (FX)** – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

– **«Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F)** – від 1 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		іспит	залік
90-100	A	Відмінно	зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів: навчальний посібник. Дніпро: НМетАУ. 2018. 79 с.

2. Наконечний А.Й., Стахів Р.І., Наконечний Р.А. Обробка сигналів : навч. посіб. Нац. ун-т «Львівська політехніка». Львів : Растр-7. 2017. 217 с.

3. Наконечний А.Й., Наконечний Р.А., Павлиш В.А. Цифрова обробка сигналів : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2010. 368 с.

4. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад. : Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.

5. Бортник Г.Г., Кичак В.М. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах : підручник. Вінниця : ВНТУ, 2014. 232 с.

6. Тотосько О.В., Стухляк П.Д. Цифрова обробка сигналів та зображень : навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ, 2016. 132с

7. Горбатий І. В. Методи формування й оброблення сигналів у телекомунікаційних системах. Львів: Львівська політехніка, 2019. 336 с.

8. Основи цифрової обробки сигналів: навчальний посібник / І.І. Самборський, С.М. Шолохов, О.В. Юрченко, Б.А. Ніколаєнко – Київ: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 171 с.

Допоміжна

1. Ваврук Є., Лашко О., Попович Р. Алгоритми та засоби обробки сигналів : навч. посібн. Львів : СПОЛОМ, 2021. 240 с

2. Emmanuel C. Ifeachor, Barry W. Jervis. Digital Signal Processing: A Practical Approach», 2nd Edition, 2001. ISBN 0-201-59619-9.

3. Byung-Gyu Kim. Digital Signal, Image and Video Processing for Emerging Multimedia Technology. 2021. ISBN 978-3-03943-857-0.

Навчальне видання

Розенвассер Д.М., Русу О.П.

ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів, які навчаються за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Українською мовою